

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-076427

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

G06T 7/00

H04N 1/60

H04N 1/46

(21)Application number : 11-144385

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 25.05.1999

(72)Inventor : TAKAOKA NAOKI  
KANESHIRO NAOTO

(30)Priority

Priority number : 10166973

Priority date : 15.06.1998

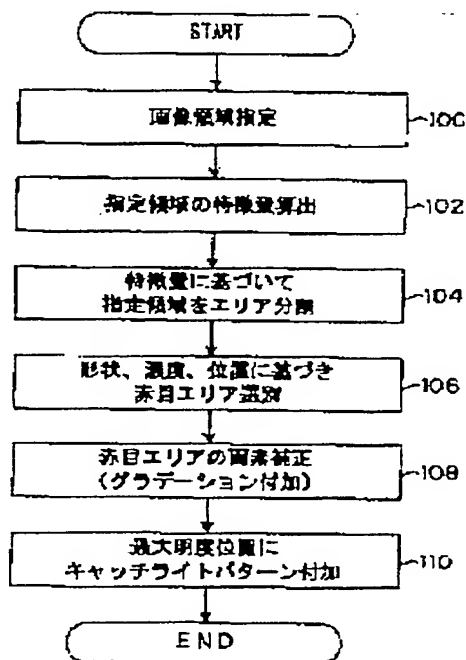
Priority country : JP

## (54) IMAGE PROCESSING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make selectable only the necessary areas as the correcting object areas by segmenting en bloc color defective areas such as pink-eye areas including a catch light part and correcting these segmented areas.

SOLUTION: The image of a pink eye including is peripheral area is designated as a processing object area among those images displayed on a monitor (S100). The feature value of the processing object area that is designated by one of six designation modes is calculated (S102). The designated image is divided for every area where the feature value forms a mountain (S104). The shape, layout relation (position) among those divided image areas, area ratio, density and mean color tone are checked in each divided area, and the area having the most outstanding feature of a pupil part is selected as a pink-eye area (S106). All pixels of the pink-eye area are corrected like the lightness of the pixel having the lowest lightness based on this pixel (S108). A high luminance area, i.e., a highlight area is formed in the corrected pink-eye area as a catch light (S110).



## LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-76427

(P2000-76427A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/66	3 1 0
7/00		15/70	3 1 0
H 0 4 N 1/60		H 0 4 N 1/40	D
1/46		1/46	Z

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平11-144385

(22) 出願日 平成11年5月25日 (1999.5.25)

(31) 優先権主張番号 特願平10-166973

(32) 優先日 平成10年6月15日 (1998.6.15)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 高岡 直樹

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(72) 発明者 金城 直人

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100079049

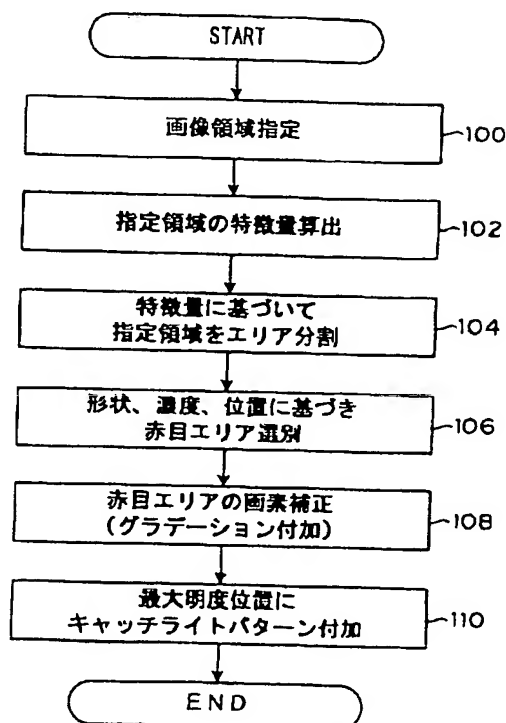
弁理士 中島 淳 (外3名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法

(57) 【要約】

【課題】 どのような色調不良の眼の画像であっても正確にエリアを分割して修正の必要のあるエリアだけを修正対象領域として選択できる画像処理方法を提供する。

【解決手段】 抽出要素として色相、彩度、明度から得られる色の値に基づいて山状の分布形状毎に領域分割し、指定された眼の概略部分の画像の特徴量を複数の位置において算出し、得られる特徴量の値に基づいて瞳部分の画像抽出を行い、赤目処理を施す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を  $x-y$  平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか 1 つまたは 2 つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、

該特徴量を  $z$  軸に配置する 3 次元の  $x-y-z$  空間を設定し、 $x-y$  平面の広がりに対し  $z$  軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に  $x-y$  平面を領域分割し、

各分割領域の  $x-y$  平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか 1 つまたは 2 つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する画像処理方法。

【請求項 2】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x-y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素毎に、番号割り付け処理対象の着目画素を中心とする  $N$  行  $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内で、着目画素の前記特徴量の値が最大である場合はこの着目画素を山の頂点として新規番号を割り付け、着目画素の前記特徴量の値が最大でなく、かつ、前記参照領域内の着目画素以外の最大の特徴量の値を持つ画素が割り付け番号を持つ場合は、該割り付け番号を着目画素に付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x-y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素において番号が未決定の画素を着目画素とし、該着目画素を中心とする  $N$  行  $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内に着目画素よりも大きい前記特徴量の値を有する画素がある場合、着目画素の位置を記憶し、前記特徴量の値が大きい画素を新規着目点とする処理を繰り返し、前記新規着目点の特徴量の値が参照領域内で最大である場合に、前記新規着目点の番号が未決定であればこの新規着目点を山の頂点として新規番号を割り付け、前記新規着目点に番号が既に割り付けられていればその番号を前記記憶した座標の全画素に付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記瞳の色調不良領域の判別において、各分割領域ごとに、円形状特徴量を用いてより円形に近い程大となる形状情報としての第 1 の点数、

10 及び、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程小となる位置情報としての第 5 の点数、

の 5 つの点数のうちの少なくとも 1 つの点数を求め、最も点数の高いものを色調不良領域と判定する請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記いずれか 2 つ以上の点数の平均値または加重平均点数により、上位  $L$ （ただし、 $L$  は 1 以上の整数）個の領域を色調不良領域と判定する請求項 4 に記載の画像処理方法。

20 【請求項 6】 色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を  $x-y$  平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか 1 つまたは 2 つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、

該特徴量を  $z$  軸に配置する 3 次元の  $x-y-z$  空間を設定し、 $x-y$  平面の広がりに対し  $z$  軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に  $x-y$  平面を領域分割し、

各分割領域の  $x-y$  平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか 1 つまたは 2 つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳の色調不良領域の周辺部から中央部にかけて明度と彩度とのいずれか 1 つ又は両方が徐々に低下するようにグラデーションをかける処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する画像処理方法。

【請求項 7】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x-y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素毎に、番号割り付け処理対象の着目画素を中心とする  $N$  行  $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内で、着目画素の前記特徴量の値が最大である場合はこの着目画素を山の頂点として新規番号を割り付け、着目画素の前記特徴量の値が最大でなく、かつ、前記参照領域内の着目画素以外の最大の特徴量の値を持つ画素が割り付け番号を持つ場合は、該割り付け番号を着目画素に付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 6 に記載の画像処理方法。

【請求項 8】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x$   $y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素において番号が未決定の画素を着目画素とし、該着目画素を中心とする  $N$  行  $\times$   $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内に着目画素よりも大きい前記特徴量の値を有する画素がある場合、着目画素の位置を記憶し、前記特徴量の値が大きい画素を新規着目点とする処理を繰り返し、前記新規着目点の特徴量の値が参照領域内で最大である場合に、前記新規着目点の番号が未決定であればこの新規着目点を山の頂点として新規番号を割り付け、前記新規着目点に番号が既に割り付けられていればその番号を前記記憶した座標の全画素に付与する番号割付処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 6 又は請求項 7 に記載の画像処理方法。

【請求項 9】 前記瞳の色調不良領域の判別において、各分割領域ごとに、

円形度特徴量を用いてより円形に近い程大となる形状情報としての第 1 の点数、

分割領域の重心が指定領域の中心位置に近い程大となる位置情報としての第 2 の点数、

分割領域の面積と指定領域の面積との比率が所定範囲から外れる程小となる面積情報としての第 3 の点数、

色相、彩度、明度のうちのいずれか 1 つ以上における平均値、最大値、最小値、コントラスト、ヒストグラム形状のうちのいずれか 1 つ以上を用い、統計的な色調不良領域情報との比較より、色調不良度合いを示す統計的画像特徴量としての第 4 の点数、

及び、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程小となる位置情報としての第 5 の点数、

の 5 つの点数のうちの少なくとも 1 つの点数を求め、最も点数の高いものを色調不良領域と判定する請求項 6 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 10】 前記いずれか 2 つ以上の点数の平均値または加重平均点数により、上位  $L$ （ただし、 $L$  は 1 以上の整数）個の領域を色調不良領域と判定する請求項 9 に記載の画像処理方法。

【請求項 11】 色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を  $x$   $y$  平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか 1 つまたは 2 つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、

該特徴量を  $z$  軸に配置する 3 次元の  $x$   $y$   $z$  空間を設定し、 $x$   $y$  平面の広がりに対し  $z$  軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に  $x$   $y$  平面を領域分割し、

各分割領域の  $x$   $y$  平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか 1 つまたは 2

つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳の色調不良領域の最大明度位置をキャッチライト位置と判別し、該キャッチライト位置にキャッチライトパターンを形成する処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する画像処理方法。

【請求項 12】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x$   $y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素毎に、番号割り付け処理対象の着目画素を中心とする  $N$  行  $\times$   $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内で、着目画素の前記特徴量の値が最大である場合はこの着目画素を山の頂点として新規番号を割り付け、着目画素の前記特徴量の値が最大でなく、かつ、前記参照領域内の着目画素以外の最大の特徴量の値を持つ画素が割り付け番号を持つ場合は、該割り付け番号を着目画素に付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 11 に記載の画像処理方法。

【請求項 13】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に  $x$   $y$  平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素において番号が未決定の画素を着目画素とし、該着目画素を中心とする  $N$  行  $\times$   $M$  列（ただし、 $N$ 、 $M$  は 1 以上）画素分の参照領域内に着目画素よりも大きい前記特徴量の値を有する画素がある場合、着目画素の位置を記憶し、前記特徴量の値が大きい画素を新規着目点とする処理を繰り返し、

前記新規着目点の特徴量の値が参照領域内で最大である場合に、前記新規着目点の番号が未決定であればこの新規着目点を山の頂点として新規番号を割り付け、前記新規着目点に番号が既に割り付けられていればその番号を前記記憶した座標の全画素に付与する番号割付処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を 1 つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項 11 又は請求項 12 に記載の画像処理方法。

【請求項 14】 前記瞳の色調不良領域の判別において、各分割領域ごとに、

円形度特徴量を用いてより円形に近い程大となる形状情報としての第 1 の点数、

分割領域の重心が指定領域の中心位置に近い程大となる位置情報としての第 2 の点数、

分割領域の面積と指定領域の面積との比率が所定範囲から外れる程小となる面積情報としての第 3 の点数、

色相、彩度、明度のうちのいずれか 1 つ以上における平均値、最大値、最小値、コントラスト、ヒストグラム形

状のうちのいずれか1つ以上を用い、統計的な色調不良領域情報との比較より、色調不良度合いを示す統計的画像特徴量としての第4の点数、

及び、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程小となる位置情報としての第5の点数、

の5つの点数のうちの少なくとも1つの点数を求め、最も点数の高いものを色調不良領域と判定する請求項11から請求項13のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項15】 前記いずれか2つ以上の点数の平均値または加重平均点数により、上位 $L$ （ただし、 $L$ は1以上の整数）個の領域を色調不良領域と判定する請求項14に記載の画像処理方法。

【請求項16】 色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を $x$ - $y$ 平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、

該特徴量を $z$ 軸に配置する3次元の $x$ - $y$ - $z$ 空間を設定し、 $x$ - $y$ 平面の広がりに対し $z$ 軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に $x$ - $y$ 平面を領域分割し、

各分割領域の $x$ - $y$ 平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳領域のサイズに合うように正常な瞳領域から切り出した色調正常の瞳を拡大縮小後、前記色調不良領域と判別された瞳領域に貼り込む処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する画像処理方法。

【請求項17】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に $x$ - $y$ 平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素毎に、番号割り付け処理対象の着目画素を中心とする $N$ 行 $\times$  $M$ 列（ただし、 $N$ 、 $M$ は1以上）画素分の参照領域内で、着目画素の前記特徴量の値が最大である場合はこの着目画素を山の頂点として新規番号を割り付け、着目画素の前記特徴量の値が最大でなく、かつ、前記参照領域内の着目画素以外の最大の特徴量の値を持つ画素が割り付け番号を持つ場合は、該割り付け番号を着目画素に付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を1つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項16に記載の画像処理方法。

【請求項18】 前記山状の分布形状を持つ領域毎に $x$ - $y$ 平面を領域分割する際に、

前記予め指定した画像領域内の各画素において番号が未決定の画素を着目画素とし、該着目画素を中心とする $N$ 行 $\times$  $M$ 列（ただし、 $N$ 、 $M$ は1以上）画素分の参照領域

内に着目画素よりも大きい前記特徴量の値を有する画素がある場合、着目画素の位置を記憶し、前記特徴量の値が大きい画素を新規着目点とする処理を繰り返し、

前記新規着目点の特徴量の値が参照領域内で最大である場合に、前記新規着目点の番号が未決定であればこの新規着目点を山の頂点として新規番号を割り付け、前記新規着目点に番号が既に割り付けられていればその番号を前記記憶した座標の全画素に付与する番号割付処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、

同一番号を持つ画素の集合を1つの領域とすることにより画像領域分割を行う請求項16又は請求項17に記載の画像処理方法。

【請求項19】 前記瞳の色調不良領域の判別において、各分割領域ごとに、

円形度特徴量を用いてより円形に近い程大となる形状情報としての第1の点数、

分割領域の重心が指定領域の中心位置に近い程大となる位置情報としての第2の点数、

分割領域の面積と指定領域の面積との比率が所定範囲から外れる程小となる面積情報としての第3の点数、

色相、彩度、明度のうちのいずれか1つ以上における平均値、最大値、最小値、コントラスト、ヒストグラム形状のうちのいずれか1つ以上を用い、統計的な色調不良領域情報との比較より、色調不良度合いを示す統計的画像特徴量としての第4の点数、

及び、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程小となる位置情報としての第5の点数、

の5つの点数のうちの少なくとも1つの点数を求め、最も点数の高いものを色調不良領域と判定する請求項16から請求項18のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項20】 前記いずれか2つ以上の点数の平均値または加重平均点数により、上位 $L$ （ただし、 $L$ は1以上の整数）個の領域を色調不良領域と判定する請求項19に記載の画像処理方法。

【請求項21】 修正した瞳部分を含む目の画像と、修正の不要な目の画像とが同じ雰囲気となるように、或いは、両目とも色調不良を修正した場合において両目の画像の雰囲気が揃うようにさらに修正する請求項1から請求項20のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項22】 前記色調不良の目領域を含む指定領域の指定回数に応じて、画像の領域分割手法または領域分割に用いる特徴量を変更し、

あるいは、色調不良領域判定に用いる特徴量の種類または特徴量の計算方法または判定基準を変更し、

あるいは、色調不良領域の修正方法を変更する請求項1から請求項21のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理方法に関し、特に、デジタル画像内の被写体の瞳の色調不良を検出して修正する画像処理方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来より、撮影中の光の反射状態により被写体と異なる色の画像として写る場合が多々あり、この赤目はあまりにも不自然で見栄えが悪いため画像処理により自然に見えるように修正することがなされている。

【0003】例えば、ストロボで人物を正面から撮影すると、瞳孔が真っ赤又は金色に写るいわゆる赤目現象が生じる場合がある。この赤目現象は、暗い場所で瞳孔が開いた状態の目に対してストロボの光が正面から入射することによって、ストロボの光が正反射され、この状態が画像に写り込むために起こる現象であり、瞳が赤く写る赤目と瞳が金色に写る金目とがある（以後、両方を含めて赤目と称す。）。

【0004】このような赤目は、写り栄えが悪いため、従来よりこの赤目を修正するための様々な画像処理方法が提案されている。例えば、特開平7-72537号公報では、赤目修正対象となる目の周囲を領域指定して、この領域内で彩度、輝度、色相における閾値処理を行い、対象となる画素が予め定めた閾値内であれば赤目と判断して修正する方法が挙げられている。また、特開平9-261580号公報では、エッジに囲まれる領域内の色情報と色相情報とに基づいて瞳候補領域を選択し、選択されたすべての瞳候補領域内の色調不良画素を修正することにより赤目修正を行う方法が挙げられている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した特開平7-72537号公報や特開平9-261580号公報等の従来の方法では、彩度、輝度、色相における閾値処理により赤目領域を判別して修正しており、赤目の彩度、輝度、色相は幅広いため、多数のサンプルにおいては誤抽出や抽出漏れが起こることは避けられない。また、例えば、肌色部分も瞳の赤目処理と共に黒く修正され、結果として違和感のある画像となる恐れもある。

【0006】また、特開平9-261580号公報等のように画像のエッジを抽出する場合では、一般に、画像のエッジはかなり複雑であるため、過剰分割や、領域分割ミスが発生する恐れもある。

【0007】すなわち、前者の方法では、領域ごとに区切らずに色の閾値のみで赤目かどうかを判別するため、修正の必要のない領域が修正の必要な領域とともに修正対象領域として検出されやすく、後者の方法では、領域の分割が正確に行えないので修正対象領域である瞳領域だけを修正するのが難しいという問題がある。

【0008】そこで、本発明は、どのような画像であっても正確に領域を分割して修正の必要のある領域だけを

修正対象領域として選択できる画像処理方法を提供することを第1の目的とする。また、瞳領域だけを正確に選択できる画像処理方法を提供することを第2の目的とする。さらに、修正対象領域である瞳領域を正確に修正可能な画像処理方法を提供することを第3の目的とする。また、修正された画像を自然な雰囲気仕上げるのが可能な画像処理方法を提供することを第4の目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を $xy$ 平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、該特徴量を $z$ 軸に配置する3次元の $xyz$ 空間を設定し、 $xy$ 平面の広がりに対し $z$ 軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に $xy$ 平面を領域分割し、各分割領域の $xy$ 平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する。

【0010】すなわち、本発明は、キャッチライト部分を含めた赤目領域等の色調不良領域を一括して切り出し、修正する方法である。赤目部分は、瞳孔部の中心程網膜からの反射が強いため、明度は中央から周辺部に向けて低下する傾向を持つ。したがって、キャッチライトも含めて明度が山状に分布することを利用する。また、虹彩部は、ブラウン系瞳では虹彩部が明度の谷間となることを利用し、青目系瞳では赤みの値の大きさについて赤目となった瞳孔部との谷間となることを利用する。

【0011】即ち、明度や赤味を組み合わせた特徴量を用いて、赤目部とその隣接する白目及び肌部との間に谷間ができることを利用し、前記特徴量の山毎に領域分割することで赤目部を白目及び肌部と分離する。

【0012】また、請求項2の発明は、前記山状の分布形状を持つ領域毎に $xy$ 平面を領域分割する際に、前記予め指定した画像領域内の各画素毎に、番号割り付け処理対象の着目画素を中心とする $N$ 行 $M$ 列（ただし、 $N$ 、 $M$ は1以上）画素分の参照領域内で、着目画素の前記特徴量の値が最大である場合はこの着目画素を山の頂点として新規番号を割り付け、着目画素の前記特徴量の値が最大でなく、かつ、前記参照領域内の着目画素以外の最大の特徴量の値を持つ画素が割り付け番号を持つ場合は、該割り付け番号を付与する番号割り付け処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、同一番号を持つ画素の集合を1つの領域とすることにより画像領域分割を行う。この方法によれば、領域分割をプログラム処理などに行うことができるので、ユーザを煩わすことがなく好ましい。



【0013】さらに、請求項3に記載の発明は、前記山状の分布形状を持つ領域毎に $x$   $y$ 平面を領域分割する際に、前記予め指定した画像領域内の各画素において番号が未決定の画素を着目画素とし、該着目画素を中心とする $N$ 行 $\times$   $M$ 列（ただし、 $N$ 、 $M$ は1以上）画素分の参照領域内に現着目点よりも大きい前記特徴量の値を有する画素がある場合、現着目点の位置を蓄積記憶し、前記特徴量の値が大きい画素を新規着目点とする処理を繰り返し、前記新規着目点の特徴量の値が参照領域内で最大である場合に、前記新規着目点の番号が未決定であればこの新規着目点を山の頂点として新規番号を割り付け、前記新規着目点に番号が既に割り付けられていればその番号を前記蓄積した座標の全画素に付与する番号割付処理を、前記予め指定した画像領域内の全画素についていずれかの山の頂点番号が付与されるまで繰り返し、同一番号を持つ画素の集合を1つの領域とすることにより画像領域分割を行う。

【0014】このように、番号が付与できない画素については、例えば、座標としてその位置を記憶し、最後に新規着目点となった画素に番号が付与されると、記憶した座標の画素の全てに最後に新規着目点となった画素の番号を付与するように処理することによって前記特徴量の山毎に領域分割する処理を高速に行うことができる。

【0015】請求項4の発明は、請求項1に記載の画像処理方法において、前記瞳の色調不良領域の判別において、各分割領域ごとに、円形度特徴量を用いてより円形に近い程大となる形状情報としての第1の点数、分割領域の重心が指定領域の中心位置に近い程大となる位置情報としての第2の点数、分割領域の面積と指定領域の面積との比率が所定範囲から外れる程小となる面積情報としての第3の点数、色相、彩度、明度のうちのいずれか1つ以上における平均値、最大値、最小値、コントラスト、ヒストグラム形状のうちのいずれか1つ以上を用い、統計的な色調不良領域情報との比較より、色調不良度合いを示す統計的画像特徴量としての第4の点数、及び、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程小となる位置情報としての第5の点数の5つの点数のうちの少なくとも1つの点数を求め、最も点数の高いものを色調不良領域と判定する。

【0016】すなわち、請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の分割領域から赤目領域等の色調不良領域を判定する方法であり、分割領域の形状、面積、位置、濃度に関する統計的特徴量を、それぞれ瞳に近い部分は高い点数、かつ、瞳から遠ざかるにつれて低い点数となる傾向を有する第1～第5の点数に換算し、これら第1～第5の点数の少なくとも1つを用いて色調不良領域を判別する。

【0017】なお、第5点数は、両目の間隔に所定の係数（一般的には、0.07～0.11）を乗算すると瞳の

直径となるという関係があることから、予め指定された瞳の中心と両目の間隔とに基づいて瞳の直径を算出し、該直径を有する円状領域内が最高の点数を持ち、中心から離れると点数が低くなる傾向を有している。

【0018】好ましくは、請求項5に記載したように、前記5つの点数のうちのいずれか2つ以上における平均点数または加重平均点数により、上位 $L$ （ただし、 $L$ は1以上の整数）個の領域を色調不良領域と判定すると良い。加重平均を取ることで、それぞれの領域の傾向がより差別化されて、明確になるので、精度良く色調不良領域を判別することができる。

【0019】また、上記第3と第4の目的を達成するために、請求項6の発明は、色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を $x$   $y$ 平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、該特徴量を $z$ 軸に配置する3次元の $x$   $y$   $z$ 空間を設定し、 $x$   $y$ 平面の広がりに対し $z$ 軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に $x$   $y$ 平面を領域分割し、各分割領域の $x$   $y$ 平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳の色調不良領域の周辺部から中央部にかけて明度と彩度とのいずれか1つ又は両方が徐々に低下するようにグラデーションをかける処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する。

【0020】すなわち、請求項6の発明では、上記請求項1と同様の方法で前記色調不良領域の判別を行っているため、赤目などの色調不良領域を白目及び肌部と正確に分離でき、精度よく修正することができる。

【0021】それに加えて、請求項6の発明では、上記第4の目的を達成するために、瞳の色調不良領域の修正の際に、周辺部から中央部にかけて明度と彩度とのいずれか1つ又は両方が徐々に低下するように、グラデーションをかける処理を行っている。これより、中央部分の色の方が周辺部分よりも濃い色となっている実際の瞳部分の色と近くなるため、修正後の瞳画像を自然な雰囲気とすることができる。なお、請求項7から請求項9は、上記請求項2から請求項5同様の作用を有するので、説明は省略する。

【0022】また、請求項10の発明は、色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を $x$   $y$ 平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、該特徴量を $z$ 軸に配置する3次元の $x$   $y$   $z$ 空間を設定し、 $x$   $y$ 平面の広がりに対し $z$ 軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に $x$   $y$ 平面を領域分割し、各分割領域の $x$   $y$ 平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み

合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳の色調不良領域の最大明度位置をキャッチライト位置と判別し、該キャッチライト位置にキャッチライトパターンを形成する処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する。

【0023】すなわち、請求項10の発明では、上記請求項6と同様に上記請求項1と同様の方法で前記色調不良領域の判別を行っているため、赤目などの色調不良領域を白目及び肌部と正確に分離でき、精度よく修正することができ

【0024】それに加えて、請求項10の発明では、瞳部分の領域内の最大明度位置をキャッチライト位置と判別してキャッチライトパターンを形成している。すなわち、キャッチライトは濃度の濃い瞳部分において部分的に濃度の薄い領域であるので、キャッチライト位置は最も明るい位置であることがわかる。従って、瞳部分の領域内の最大明度位置にキャッチライトを設ける処理を施すことにより、自然で生き生きとした印象の目の画像が得られる。なお、請求項11から請求項15は、上記請求項2から請求項5同様の作用を有するので、説明は省略する。

【0025】請求項16の発明は、色調不良となった目領域を含む予め指定した画像領域を $xy$ 平面とし、各画素ごとに色相、彩度、明度のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより画像特徴量を求め、該特徴量を $z$ 軸に配置する3次元の $xyz$ 空間を設定し、 $xy$ 平面の広がりに対し $z$ 軸の値が山状の分布形状を持つ領域毎に $xy$ 平面を領域分割し、各分割領域の $xy$ 平面上での形状情報、位置情報、面積情報、統計的画像特徴量のうちのいずれか1つまたは2つ以上の組み合わせにより、瞳の色調不良領域の判別を行い、色調不良領域と判別された瞳領域のサイズに合うように正常な瞳領域から切り出した色調正常の瞳を拡大縮小後、前記色調不良領域と判別された瞳領域に貼り込む処理を含む修正を行って、前記瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正する。

【0026】すなわち、請求項16の発明は、色調不良領域と判別された瞳領域に正常な瞳領域から切り出した色調正常の瞳を拡大縮小して貼り付けるため、比較的簡単な修正処理で瞳の色調不良領域を視覚的に正常な目の画像となるように修正できる。なお、請求項17から請求項20は、上記請求項2から請求項5同様の作用を有するので、説明は省略する。

【0027】さらに、上記第4の目的を達成するために、請求項21の発明は、請求項1から請求項21のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記色調不良の目領域を含む指定領域の指定回数に応じて、画像の領域分割手法または領域分割に用いる特徴量を変更し、あるいは、色調不良領域判定に用いる特徴量の種類また

は特徴量の計算方法または判定基準を変更し、あるいは、色調不良領域の修正方法を変更する。

【0028】これにより、修正の必要のないもう一方の目の位置と修正した目の画像の位置とを比較して修正した目の画像の位置を自然な位置に配置されるようにずらしたり、修正した目の色を、修正の必要のないもう一方の目の色と同じ雰囲気にするなどの微修正を行えるため、自然な雰囲気に仕上げるのが可能である。また、キャッチライトの瞳内の位置関係が両目で揃うように、キャッチライトの位置補正も行う。

【0029】請求項22の発明は、赤目修正処理を複数回行う場合に対応する発明であり、請求項1から請求項21のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記色調不良の目領域を含む指定領域の指定回数に応じて、画像の領域分割手法または領域分割に用いる特徴量を変更し、あるいは、色調不良領域判定に用いる特徴量の種類または特徴量の計算方法または判定基準を変更し、あるいは、色調不良領域の修正方法を変更する。

【0030】例えば、赤目領域判定基準が上記特徴量の山毎領域分割である場合、二回目の赤目領域判定基準を上記特徴量の山毎領域分割ではなく、色味の類似度による領域分割に変更したり、判定において一回目の判定で用いていた円形度基準を除外する、あるいは一回目の判定で用いていた面積基準を除外するなどが挙げられる。

【0031】

【発明の実施形態】図1及び図2には、本実施形態に係るデジタルラボシステム10の概略構成が示されている。

【0032】図1に示すように、このデジタルラボシステム10は、ラインCCDスキャナ14、画像処理部16、レーザプリンタ部18、及びプロセッサ部20を含んで構成されており、ラインCCDスキャナ14と画像処理部16は、図2に示す入力部26として一体化されており、レーザプリンタ部18及びプロセッサ部20は、図2に示す出力部28として一体化されている。

【0033】ラインCCDスキャナ14は、ネガフィルムやリバーサルフィルム等の写真フィルムに記録されているコマ画像を読み取るためのものであり、例えば135サイズの写真フィルム、110サイズの写真フィルム、及び透明な磁気層が形成された写真フィルム(240サイズの写真フィルム：所謂APSフィルム)、120サイズ及び220サイズ(ブローニサイズ)の写真フィルムのコマ画像を読み取対象とすることができる。ラインCCDスキャナ14は、上記の読取対象のコマ画像をラインCCD30で読み取り、A/D変換部32においてA/D変換した後、画像データを画像処理部16へ出力する。

【0034】なお、本実施の形態では、240サイズの写真フィルム(APSフィルム)68を適用した場合のデジタルラボシステム10として説明する。



【0035】画像処理部16は、ラインCCDスキャナ14から出力された画像データ（スキャン画像データ）が入力されると共に、デジタルカメラ34等での撮影によって得られた画像データ、原稿（例えば反射原稿等）をスキャナ36（フラットベット型）で読み取ることで得られた画像データ、他のコンピュータで生成され、フロッピディスクドライブ38、MOドライブ又はCDドライブ40に記録された画像データ、及びモデム42を介して受信する通信画像データ等（以下、これらをファイル画像データと総称する）を外部から入力することも可能のように構成されている。

【0036】画像処理部16は、入力された画像データを画像メモリ44に記憶し、色階調処理部46、ハイパートーン処理部48、ハイパーシャープネス処理部50等の各種の補正等の画像処理を行って、記録用画像データとしてレーザプリンタ部18へ出力する。また、画像処理部16は、画像処理を行った画像データを画像ファイルとして外部へ出力する（例えばFD、MO、CD等の記憶媒体に出力したり、通信回線を介して他の情報処理機器へ送信する等）ことも可能とされている。

【0037】レーザプリンタ部18はR、G、Bのレーザ光源52を備えており、レーザドライバ54を制御して、画像処理部16から入力された記録用画像データ（一旦、画像メモリ56に記憶される）に応じて変調したレーザ光を印画紙に照射して、走査露光（本実施の形態では、主としてポリゴンミラー58、f $\theta$ レンズ60を用いた光学系）によって印画紙62に画像を記録する。また、プロセッサ部20は、レーザプリンタ部18で走査露光によって画像が記録された印画紙62に対し、発色現像、漂白定着、水洗、乾燥の各処理を施す。これにより、印画紙上に画像が形成される。

【0038】（ラインCCDスキャナの構成）次にラインCCDスキャナ14の構成について説明する。図1にはラインCCDスキャナ14の光学系の概略構成が示されている。この光学系は、写真フィルム68に光を照射する光源66を備えており、光源66の光射出側には、写真フィルム68に照射する光を拡散光とする光拡散板72が配置されている。

【0039】写真フィルム68は、光拡散板72が配設された側に配置されたフィルムキャリア74によって、コマ画像の画面が光軸と垂直になるように搬送される。

【0040】写真フィルム68を挟んで光源66と反対側には、光軸に沿って、コマ画像を透過した光を結像させるレンズユニット76、ラインCCD30が順に配置されている。なお、レンズユニット76として単一のレンズのみを示しているが、レンズユニット76は、実際には複数枚のレンズから構成されたズームレンズである。なお、レンズユニット76として、セルフオックレンズを用いてもよい。この場合、セルフオックレンズの両端面をそれぞれ、可能な限り写真フィルム68及びラ

インCCD30に接近させることが好ましい。

【0041】ラインCCD30は、複数のCCDセル搬送される写真フィルム68の幅方向に沿って一列に配置され、かつ電子シャッタ機構が設けられたセンシング部が、間隔を空けて互いに平行に3ライン設けられており、各センシング部の光入射側にR、G、Bの色分解フィルタの何れかが各々取付けられて構成されている（所謂3ラインカラーCCD）。ラインCCD30は、各センシング部の受光面がレンズユニット76の結像点位置に一致するように配置されている。

【0042】また、図示は省略するが、ラインCCD30とレンズユニット76との間にはシャッタが設けられている。

（画像処理部16の制御系の構成）図3には、図1に示す画像処理部16の主要構成である画像メモリ44、色階調処理46、ハイパートーン処理48、ハイパーシャープネス処理50の各処理を実行するための詳細な制御ブロック図が示されている。

【0043】ラインCCDスキャナ14から出力されたRGBの各デジタル信号は、データ処理部200において、暗時補正、欠陥画素補正、シェーディング補正等の所定のデータ処理が施された後、1 $\sigma$ 変換器202によってデジタル画像データ（濃度データ）に変換され、プレスキャンデータはプレスキャンメモリ204に記憶され、ファインスキャンデータはファインスキャンメモリ206に記憶される。

【0044】プレスキャンメモリ204に記憶されたプレスキャンデータは、画像データ処理部208と画像データ変換部210とで構成されたプレスキャン処理部212に送出される。一方、ファインスキャンメモリ206に記憶されたファインスキャンデータは、画像データ処理部214と画像データ変換部216とで構成されたファインスキャン処理部218へ送出される。

【0045】これらのプレスキャン処理部212及びファインスキャン処理部218では、画像を撮影したときレンズ特性及びストロボを使用した撮影したときのストロボ配光特性に基づく補正等を実行する。

【0046】また、画像データ処理部208、214には、各種フィルムの特性を記憶するフィルム特性記憶部232と、フィルムを撮影したカメラを判別する情報を取得して対応する撮影カメラに応じたレンズ特性を出力するレンズ特性データ供給部234とが接続されている。

【0047】フィルムの特性とは、階調特性（ $\gamma$ 特性）であり、一般には、露光量に応じて濃度が三次元的に変化する曲線で表される。なお、この点は周知の技術であるため、詳細な説明は省略する。

【0048】また、フィルム種の特定は、本実施の形態であれば、APSフィルムの磁気記録層にフィルム種を示す情報を記録しており、ラインCCDスキャナ14の

キャリア 74 での搬送時に、磁気ヘッドによって読み取ることが可能である。また、135 サイズフィルムの場合には、その形状（幅方向両端に比較的短いピッチでパーフォレーションが設けられている）等で判断してもよいし、オペレータがキー入力するようにしてもよい。フィルム種を特定することにより、画像のフィルムベース濃度からの相対的な濃度を正確に算出できる。

【0049】画像データ処理部 208、214 では、フィルム特性記憶部 232 とレンズ特性データ供給部 234 とから得られるフィルム種及びカメラ種に合わせて基準値の補正を行い、カラーバランス調整、コントラスト調整（色階調処理）、明るさ補正、彩度補正（ハイパー

トーン処理）、ハイパーシャープネス処理等が、LUT やマトリクス（MTX）演算等により実行されるようになっている。

【0050】また、画像データ処理部 208、214 には、前記各調整、補正後に、赤目となった瞳部分を自然な色に修正する赤目処理部 220、222 が設けられている。この赤目処理部 220、222 における赤目修正については、後述する。

【0051】プレスキャン側の画像データ変換部 210 では、画像データ処理部 208 によって処理された画像データを 3D-LUT に基づいてモニタ 16M へ表示するためのディスプレイ用画像データに変換している。一方、ファインスキャン側の画像データ変換部 216

では、画像データ処理部 214 によって処理された画像データを、3D-LUT に基づいてレーザプリンタ部 18 でのプリント用画像データに変換している。なお、上記ディスプレイ用の画像データと、プリント用画像データとは、表色系が異なるが、以下のような様々な補正によって一致を図っている。

【0052】すなわち、プレスキャン処理部 212 及びファインスキャン処理部 218 には、条件設定部 224 が接続されている。条件設定部 224 は、セットアップ部 226、キー補正部 228、パラメータ統合部 230 とで構成されている。

【0053】セットアップ部 226 は、プレスキャンデータを用いて、ファインスキャンの読取条件を設定し、ライン CCD スキャナ 14 に供給し、また、プレスキャン処理部 212 及びファインスキャン処理部 218 の画像処理条件を演算し、パラメータ統合部 230 に供給している。

【0054】キー補正部 228 は、キーボード 16K に設定された濃度、色、コントラスト、シャープネス、彩度等を調整するキーやマウスで入力された各種の指示等に応じて、画像処理条件の調整量を演算し、パラメータ統合部 230 へ供給している。

【0055】パラメータ統合部 230 では、上記セットアップ部 226 及びキー補正部 228 から受け取った画像処理条件をプレスキャン側及びファインスキャン側の

画像データ処理部 208、214 へ送り、画像処理条件を補正あるいは再設定する。

【0056】ここで、赤目処理部 220、222 における赤目修正について、図 4 のフロー図を参照しながら説明する。

【0057】ステップ 100 では、カラーバランス調整、コントラスト調整、明るさ補正、彩度補正（ハイパー

トーン処理）、ハイパーシャープネス処理等が、LUT やマトリクス（MTX）演算等の各種補正処理が施されてモニタ 16M に表示された画像の中から、赤目となった目の画像をその周囲を含めて処理対象領域として指定する。

【0058】処理対象領域の指定は、オペレータによってキー補正部 228 から入力したり、画像内の部分的に赤色が集中している領域を画像データ処理部 214 をによって抽出することにより行える。本実施形態では、オペレータによるキー入力によってキー補正部 228 から処理対象領域を指定している。

【0059】なお、オペレータによる処理対象領域の指定方法としては、例えば、図 11（A）～（F）に示すように、両目一括指定モード 1、両目一括指定モード 2、単独指定モード 1、単独指定モード 2、単独指定モード 3、及び単独指定モード 4 の 6 つのモードから選択して指定できる。

【0060】両目一括指定モード 1 は、図 11（A）に示すように、両目と両目の周辺領域を含む領域を、画像処理部 16 に設けられたマウスやキーボード等により矩形形状の枠 13 で囲んで枠 13 内の領域を指定するモードである。この場合、図 11（A）の破線で示すように、指定領域した枠 13 の長軸の両外側から所定の比率で指定して領域を分割し、得られた分割領域を処理対象領域とする。なお、所定の比率とは枠 13 の長軸の寸法に対する目の寸法の比率を統計的に算出して得られる比率であり、分割された領域が各々少なくとも 1 つの目を含み、眉間の領域が除かれるように設定される。なお、枠 13 は矩形形状に限らず楕円形状等の形状としてもよい。

【0061】また、両目一括指定モード 2 は、図 11（B）に示すように、両目の瞳の中心部を画像処理部 16 に設けられたマウスやキーボード等により指定して、両目と両目の周辺領域を含む領域を指定するモードである。この場合、指定した両目の瞳の中心部を結ぶ直線の両端から所定の比率となる長さを長軸の 1/2 の長さとする楕円形状の領域を個々の目の領域とし、得られた分割領域を処理対象領域とする。

【0062】なお、この場合も上記の両目一括指定モード 1 と同様に、所定の比率とは指定した両目の瞳の中心部を結ぶ直線に対する目の寸法の比率を統計的に算出して得られる比率であり、楕円形状の領域は各々少なくとも 1 つの目を含み、眉間の領域が除かれるように設定される。

【0063】また、上記両目一括指定モード1及び両目一括指定モード2においては、個々の目領域に領域を分割せずに両目を含んだ領域を処理対象領域とし、一括して赤目抽出処理を行うようにすることもできる。

【0064】単独指定モード1は、図11(C)に示すように、1つの目の周辺領域を含む領域を、画像処理部16に設けられたマウスやキーボード等により矩形状の枠13で囲んで指定し、枠13内の領域を処理対象領域とするモードである。この場合も、枠13は矩形状に限らず楕円形状等他の形状としてもよい。

【0065】また、単独指定モード2は、図11(D)に示すように、目の中心部と、目全体を含むように形成する枠の位置とを指定して、中心部に対する枠の位置から統計的に得られる比率に基づいて1つの目を含む枠13を自動的に形成するように設定してこの枠13内の領域を処理対象領域として指定するモードである。

【0066】単独指定モード3は、図11(E)に示すように、目の中心部、または目の周辺部との一方を一箇所15指定することにより、目全体を含むデフォルトサイズの枠13を自動的に形成するように設定してこの枠13内の領域を処理対象領域として指定するモードである。なお、この場合、顔全体を矩形状、又は楕円形状等の枠等で囲んで指定後、顔と目の比率に応じて片目若しくは両目領域サイズの枠を自動的に形成するように設定してこの枠内の領域を処理対象領域として指定するモードとすることもできる。或いは、両目の中心部を指定して両目を包含する枠を自動的に形成してこの枠内の領域を処理対象領域として指定するモードとすることもできる。

【0067】単独指定モード4は、図11(F)に示すように、目を含む目の周辺の領域を画像処理部16に設けられたマウスやキーボード等により手書きの要領で囲みこんで形成した枠内の領域を処理対象領域として指定するモードである。

【0068】次に、ステップ102では、上記6つのモードうちのいずれか1つのモードによって指定された処理対象領域の特徴量を算出する。ここでは、抽出要素として色相、彩度、明度から得られる色の値を選択し、瞳部分の画像を一括して切り出せるような特徴量を選択する。

【0069】ここで、赤味を $r$ 値で表すと、 $r$ 値は赤味が強い程大きくなるので、赤目部では大となり、また、青い目ではマイナス値となる。また、明度をグレイ $d$ 値で表すと、明るい画素は $d$ 値は大となるので、キャッチライト部や、白目部では大となり、ブラウン系瞳の虹彩部では小となる。

【0070】具体的には、レッド値( $r$ )を特徴量 $A$ 、グレイ値( $d$ )を特徴量 $B$ としたとき、 $\alpha \times B + (1 - \alpha) \times |A| \cdots$ 式(1)(ただし、 $\alpha$ の好ましい値としては実験的に、 $\alpha = 0.3$ 以上、 $0.5$ 以下が得られて

いるが、その他の値とすることもできる。)によって得られる特徴量 $C$ の値を横軸を瞳を通る直線上の位置としてグラフ化すると、画像を構成する要素(例えば、白目部分、瞳部分、肌部分)の領域ごとに山状波形を有するものとなる。なお、上記の特徴量の定義において、 $RGB$ による色表現により、 $d = (R + G + B) / 3$ 、 $A = (R - d)$ としてもよい。

【0071】例えば、目尻を通る長手方向の線に沿って算出した特徴量 $C$ のグラフは、図10に示すように、瞳の左右にある2つの白目部分の領域と瞳部分の領域とに対応して3つの山状波形を有するものとなる。なお、上記特徴量 $C$ の式においては特徴量 $A$ を絶対値化することにより、赤目の抽出がブラウン系よりも難しい青目系の瞳の赤目抽出性能を向上させている。

【0072】また、別の特徴量の例として図10(b)に特徴量 $A$ のグラフ、図10(c)に特徴量 $B$ のグラフをそれぞれ開示するが、図10(b)と図10(c)とにおいて、実線は瞳が赤く写る赤目の特徴量を示し、点線は瞳が金色に写る金目の特徴量を示しており、重なっている領域は実線となっている。これらのグラフにより金目は反射光が強いので、色味的には黄に近く明度が高いことがわかる。

【0073】次のステップ104においては、特徴量が山を形成する領域毎に画像を領域分割する。

【0074】領域分割の方法としては、例えば、図10(b)と図10(c)に示すように最も低い特徴量の画素(すなわち谷となる位置の画素)を領域として分割するようにユーザが指定したり、プログラムによる処理を行う。図10(b)および図10(c)では、キャッチライトを含む赤目領域が山を形成し、また、白目部分や肌部分との間では虹彩部が谷間となり、領域分割の境界となっている。なお、青目系瞳が赤目の場合、虹彩部が上記 $|A|$ により青い虹彩部と瞳孔部の境界に領域分割の境界となる。

【0075】また、別の方法として、図12(B)に示すように、両側の白目の部分と中央の瞳部分との3つの領域ごとに対応した山形状を有する特徴量 $D$ を選択し、番号割り付け処理により領域を分割することができる。

【0076】この番号割り付け処理は、例えば、図12(A)に示すように、例えば、中央の画素を着目画素21とする3行×3列の9つの画素からなる参照エリア24を番号割り付け処理領域とし、9つの画素からなる参照エリアの中の最も大きな特徴量を有する画素の番号を着目画素21に割り付ける処理である。

【0077】1例として、図12(B)の特徴量 $D$ を選択し、説明のため、部分的に拡大した領域について説明する。図13(B)及び図13(C)には、図13

(A)に示すように、図12(B)の特徴量 $D$ の1つ目の山形状と2つ目の山形状の部分に対応する画素である $N$ 行の画素行とその上の $N-1$ 行の画素列及び下の $N+$

1行の画素列の合計3行の画素行がそれぞれ $n$ 列ずつ示されている。なお、各注目画素の座標を $(X_N, Y_m)$  (ただし、 $m$ は1以上の自然数)と記す。

【0078】図13(B)に示すように、まず、1列目～3列目までを参照エリア24としたとき、注目画素21となる画素 $(X_N, Y_2)$ の特徴量 $D$ が参照エリア24の中で最も大きいかを判断する。この場合、図13(A)に示すように、注目画素21となる画素 $(X_N, Y_2)$ の特徴量よりも隣列の画素 $(X_N, Y_3)$ の特徴量の方が大きいので、注目画素21となる画素 $(X_N, Y_2)$ には番号を付与せず、次の参照エリアの注目画素について参照エリアの中で特徴量が大きいかを判断する。

【0079】なお、この例では、注目画素が $N$ 列に沿って1つつつ矢印 $I$ 方向に移動するように処理するものとする。したがって、次の参照エリアは2列目～4列目、その次の参照エリアは3列目～5列目、…というように、参照エリアが移動することとなる。

【0080】図13(C)に示すように、3～5列目までを参照エリア24としたとき、注目画素21となる画素 $(X_N, Y_4)$ の特徴量はちょうど図13(A)に示す山形状の頂点に対応しているため、最も大きくなる。したがって、新規割付番号として『1』を付与して次の参照エリア、(すなわち、4列目～6列目)の注目画素について特徴量の大きさを判断する。

【0081】4列目～6列目の参照エリアから谷部に対応する画素を注目画素とする8列目～10列目までの参照エリアの注目画素は、全て前回の注目画素よりも特徴量が小さいので、全て『1』が付与されることとなる。

【0082】前記谷部に対応する画素の1つ次の画素を注目画素とする7列目～9列目までの参照エリアから次の山部に対応する画素の1つ前の画素を注目画素とする13列目～15列目までの参照エリアは全て前回の注目画素よりも特徴量が大きいので、全て番号が付与されず、次の山部に対応する画素を注目画素とする14列目～16列目までの参照エリアから次の谷部に対応する画素を注目画素とする参照エリアの注目画素までが全て新規割付番号として『2』が付与され、この繰り返しにより、図13(D)に示すように、一列目の割付処理では、それぞれの山に対応した新規割付番号が部分的に付与されることとなる。

【0083】したがって、次の行、例えば、 $N+1$ 行目を注目画素としたとき既に $N$ 行目の番号割付処理により割り付けられた番号との比較を含んだ参照エリア内での特徴量の比較を行うこととなるため、何度も繰り返して番号割付処理を行うことにより、各山形状を構成する画素は全て各山形状に対応して付与された番号が付与され、最終的には全ての画素に番号が付与されることとなる。したがって、特徴量の山形状ごとに対応した番号で分割された複数の領域が得られることとなる。

【0084】なお、参照エリア内において注目画素 $(X_n, Y_m)$ の特徴量よりも特徴量の大きい画素 $(X_n, Y_{m+1})$ が存在し、該画素に番号が付与されていない場合、注目画素 $(X_n, Y_m)$ の位置を座標として記憶し、前記隣列の画素 $(X_n, Y_{m+1})$ を新規の注目画素として参照エリアを決定し、該新規の注目画素 $(X_n, Y_{m+1})$ が新たに決定した参照エリア内で最も大きな特徴量を有しているかを判断する。

【0085】前記新規の注目画素 $(X_n, Y_{m+1})$ よりも大きな特徴量を有する画素が新たに決定した参照エリア内に存在すれば、さらに、新規の注目画素 $(X_n, Y_{m+1})$ の位置を座標として記憶し、前記新規の注目画素 $(X_n, Y_{m+1})$ よりも大きな特徴量を有する画素 $(X_{n+i}, Y_{m+j})$  (ただし、 $i, j$ は整数)を新規の注目画素として同様な処理を繰り返すように処理をしても良い。

【0086】この場合、必ずしも同一行の画素のみが注目画素になるわけではないが、1回特徴量を比較した画素については番号が付与できない場合も記憶しておき、その領域内で最も特徴量が高い画素に番号が付与されると、図14に示すように、記憶した画素全てにその番号が付与されることとなるので、何度も繰り返してと特徴量を比較して番号を付与する場合に比べて速い速度で番号割付処理を行うことができる。このような番号割付処理により、図6に示すように、ほぼ目の部位に対応する領域ごとに領域分割されたエリアが得られる。

【0087】ステップ106では、ステップ104で分割した領域についてそれぞれ、形状、他の領域との配置関係(位置)、面積比率、濃度、平均色味の各々についてチェックし、瞳部分の特徴を最も有するものを赤目領域として選択する。なお、1つの目の画像の中で2つ以上の領域が赤目領域として選択された場合は、形状、他の領域との配置関係(位置)、面積比率、濃度、平均色味の各々について評価し、最も評価の高い領域を赤目領域として選択する。

【0088】評価の方法としては、例えば、各分割領域ごとに、円形度が大きいほど点数が高くなる第1の点数を求め、最も点数の高いものを瞳部分の特徴を最も有するもの、すなわち、赤目領域とする方法がある。また、各分割領域ごとに、重心の位置と指定領域の中心位置との間の距離を算出して、距離が短いほど点数が大となる第2の点数を求め、最も点数の高いものを瞳部分の特徴を最も有するもの、すなわち、赤目領域とする方法がある。

【0089】さらに、各分割領域ごとに、分割領域の面積と指定領域の面積との比率を求め、得られた比率が予め求めた瞳の面積と指定領域の面積との比率の範囲等の所定範囲から外れる程点数が小さくなる第3の点数を求め、最も点数の高いものを瞳部分の特徴を最も有するもの、すなわち、赤目領域とする方法がある。

【0090】また、色相、彩度、明度のうちのいずれか

1つ以上における平均値、最大値、最小値、コントラスト、ヒストグラム形状のうちのいずれか1つ以上を用い、予め測定されている統計的な色調不良領域情報との比較より、色調不良領域の特徴に近い特徴を有するものほど点数が高くなる第4の点数を求め、最も点数の高いものを瞳部分の特徴を最も有するもの、すなわち、赤目領域とする方法がある。

【0091】さらには、予め指定された瞳の中心位置と両目の間隔とに応じて求められ、瞳の中心から外れる程点数が小さくなる第5の点数を求め、最も点数の高いものを瞳部分の特徴を最も有するもの、すなわち、赤目領域とする方法がある。第5の点数は、例えば、図15

(A)に示す破線の上の点数を表した図15(B)に示すように、瞳部分が最高点を持ち瞳から離れると点数が低くなるように設定している。

【0092】これら5つの点数のうちの少なくとも1つの点数を選択し、この点数に基いて赤目領域を判別しても良いが、より好ましくは、前記5つの点数のうちの2つ以上における平均点数または加重平均点数により、上位L(ただし、Lは1以上)個の領域を色調不良領域と判定するようにすると良い。

【0093】例えば、図16に示すように6つのエリア(分割領域)に分割されている場合、図16(A)に示すように、第1の点数が、エリア1はA4点、エリア2はA6点、エリア3はA2点、エリア4はA3点、エリア5はA1点、エリア6はA5点であり、第2の点数が、エリア1はB5点、エリア2はB4点、エリア3はB2点、エリア4はB3点、エリア5はB1点、エリア6はB6点であるとする。ただし、 $A1 > A2 > A3 > A4 > A5 > A6 \dots (1)$ 、 $B1 > B2 > B3 > B4 > B5 > B6 \dots (2)$ である。

【0094】したがって、それぞれの領域ごとに第1の点数と第2の点数との平均点を出すと、図16(B)に示すように、エリア1は $(A4 + B5)/2$ 点、エリア2は $(A6 + B4)/2$ 点、エリア3は $(A2 + B2)/2$ 点、エリア4は $(A3 + B3)/2$ 点、エリア5は $(A1 + B1)/2$ 点、エリア6は $(A5 + B6)/2$ 点となり、上記(1)の式及び(2)の式からエリア5が最も点数が高いことは明白である。

【0095】なお、点数の高い順に重い重みをつけた加重平均を取ることによって、より一層点数の高いものは高く、低いものは低くなるので、点数差が広がり瞳部分の特徴を最も有するものを明確に区別できる。

【0096】ステップ108では、上記のようにして選択された赤目領域の画素に対し、赤目領域の画素の中で最小明度の画素に基づきすべての画素の明度を最小明度の画素の明度と同じ又は近づくように補正する。例えば、赤目領域の画素の中で最小明度の画素の明度を  $d_{\min}$  \*

\*  $n$ 、補正対象となる赤目領域の画素の明度を  $x$  としたとき、補正対象となる赤目領域の画素の補正後の明度  $x'$  は以下の式(2)により算出することが挙げられる。

【0097】

$$x' = x - (x - d_{\min}) \times a \quad \dots \text{式(2)}$$

(なお、 $a$ の値を  $1 \leq a \leq 1.3$  とすると修正後の画像を自然な雰囲気とできるため好ましい。)結果的に赤目となった瞳孔部は、修正後に周辺から中央にかけて徐々に明度が低下する画像となる。

10 【0098】修正例として、目尻を通る線に沿って、図7(a)に修正前の明度、図7(b)に修正後の明度を示す。

【0099】彩度についても上記明度の修正方法と同様に最小彩度の画素の彩度に合わせて補正する。もちろん、自然な雰囲気に仕上がるのであれば、明度だけ補正する構成としても彩度だけ補正する構成してもよい。なお、特徴量の補正量をユーザーの好みに合わせて予め設定しておいてもよく、この場合、ユーザーの好みに合わせた特殊な色合いとすることも可能である。

20 【0100】または、他の修正手法として、修正した赤目領域の中心から周縁に向かって放射状に階調パターンを形成し、中心から周縁に向かって濃度が薄くなるようにグラデーションパターンを指定された色で付ける。ここで、指定された色とは、例えば、赤目になっていない他の領域の瞳部分から検出された最大濃度値と最小濃度値や、前記最大濃度値と最小濃度値から調整した最大濃度値と最小濃度値や、ユーザーにより予め定めた最大濃度値と最小濃度値等を選択できる。なお、グラデーションパターンを付与する処理方法は、周知の技術であるため、詳細な説明は省略する。

30 【0101】上記式(2)の  $d_{\min}$  や、グラデーションパターン制御用の濃度の最大値や最小値を決定する際に、赤目領域内、目の指定領域内、顔領域内、画像全体のいずれかを比較領域として切り替えてもよい。

【0102】ステップ110では、修正した赤目領域内に部分的な高輝度領域、すなわちハイライト領域を形成しこれをキャッチライトとする。キャッチライトの位置は、修正前の赤目領域の最大明度位置とし、その最大明度位置に基づいて放射状の輝点を形成することにより行う。

40 【0103】例えば、赤目領域の画素の中で最小明度の画素の明度を  $d_{\min}$ 、明度の調整係数を  $k$ 、補正対象となる赤目領域のある位置の画素の明度を  $y(i, j)$  としたとき、赤目領域内のキャッチライト位置の画素の明度  $y'(i, j)$  は以下の式(3)により算出することが挙げられる。

【0104】

$$y'(i, j) = d_{\min} + k(i, j) \times \{y(i, j) - d_{\min}\} \quad \dots \text{式(3)}$$

ただし、 $i$ と $j$ はキャッチライト内の位置を示しており、キャッチライトを構成する画素の明度は中心から放射状に徐々に低くなるため、例えば、図8に示す表のように、明度の調整係数 $k$ を設定し、キャッチライト内の位置 $(i, j)$ に応じて明度の調整係数 $k(i, j)$ を変更する。

【0105】なお、修正する赤目領域の画像寸法に対応させてキャッチライトの寸法及び明度の調整係数を設定することにより一層自然な雰囲気の写真像とすることができる。

【0106】また、本実施形態では、キャッチライト部分形成するために、画素がキャッチライトのどの位置に対応するかに応じて個々の画素の明度を変化させるようにしているが、予めキャッチライトパターンを形成してキャッチライト位置に貼りつけるように構成することもできる。この場合も寸法の拡大縮小を自由にできるように設定し、修正する赤目領域の画像寸法に対応させてキャッチライトの寸法を換えることでより一層自然な雰囲気の写真像とすることができる。もちろん明度についても同様に、自由に明度を設定できるようにすることでより一層自然な雰囲気の写真像とできる。

【0107】図9に、赤目修正を施してキャッチライトパターンを形成した画像の目尻を通る長手方向の線に沿った明度のグラフを示す。

【0108】なお、本実施形態では、同じ指定領域についてステップ102からステップ106までの処理を一回行うものとしているが、ステップ102からステップ106までの処理を複数回繰り返して行う設定とすることもでき、この場合、赤目領域の抽出をより一層精度よく抽出することができる。

【0109】なお、本発明は以上述べた構成に限らず、隣接する分割領域を連結して赤目評価を適用することもできる。例えば、本来の赤目部分が2分割されている場合、赤目部分が含まれる領域を連結し1つの領域として認識することにより、円形度の評価が高まる。その結果、連結した領域の評価点が、個別の分割領域での評価点を上回る場合は、連結した領域を赤目領域と判定する。

【0110】なお、上記の、赤目抽出、赤目領域修正、キャッチライト付加等の各処理は独立して実行可能であるため、各処理のそれぞれについて他の手法あるいはマニュアル処理に代替えた組み合わせにより赤目修正処理を行うこともできる。

【0111】また、抽出した赤目領域に正常な瞳を拡大縮小して貼り付ける補正処理を行っても良い。この場合、目を貼り付けた後、さらに修正して全体の感じと合うようにすると良い。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1から請求項3の発明によれば、どのような画像であっても正確に

領域を分割して修正の必要のある領域だけを修正対象領域として選択できる、という効果を達成する。

【0113】また、請求項4及び請求項5の発明によれば、瞳領域だけを正確に選択できる、という効果を達成する。

【0114】さらに、請求項6から請求項20の発明によれば、修正対象領域である瞳領域を正確に修正できる、という効果を達成する。

【0115】また、請求項21の発明によれば、修正された画像を自然な雰囲気仕上げることもできる、という効果を達成する。

【0116】また、請求項22の発明によれば、赤目補正処理を精度良く行うことができる、という効果を達成する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態にかかるデジタルラボシステムの概略構成図である。

【図2】デジタルラボシステムの概観図である。

【図3】画像処理部の制御ブロック図である。

【図4】赤目処理部220、222における赤目修正処理の流れを示すフロー図である。

【図5】目尻を通る長手方向の線に沿って算出した場合の特徴量Cのグラフである。

【図6】特徴量Cに基づいて山毎に分割した場合の説明図である。

【図7】(a)は、目尻を通る長手方向の線に沿った明度のグラフであり、(b)は、 $a=1.3$ とした式

(2)に基づいて、(a)における赤目領域の明度を修正した状態を示すグラフである。

【図8】キャッチライト内の画素の位置と明度の調整係数との関係を示す図である。

【図9】赤目修正を施してキャッチライトパターンを形成した画像の目尻を通る長手方向の線に沿った明度のグラフである。

【図10】(a)は目の正面概略図であり、(b)は目尻を通る長手方向の線に沿って算出した特徴量Aのグラフであり、(c)は目尻を通る長手方向の線に沿って算出した特徴量Bのグラフである。

【図11】オペレータによる処理対象領域の指定方法の例を示す説明図である。

【図12】番号割付処理の方法を説明する説明図であり、図12(A)は参照エリアを示し、図12(B)は選択した特徴量Dのグラフを示している。

【図13】図13(A)は特徴量Dの一部を示すグラフであり、図13(B)～図13(D)は番号割付手順を示す説明図である。

【図14】番号割付処理の別の方法を説明する説明図である。

【図15】図15(A)は、処理対象領域を示し、図15(B)は、図15(A)の視線に沿った領域の点数を



示すグラフである。

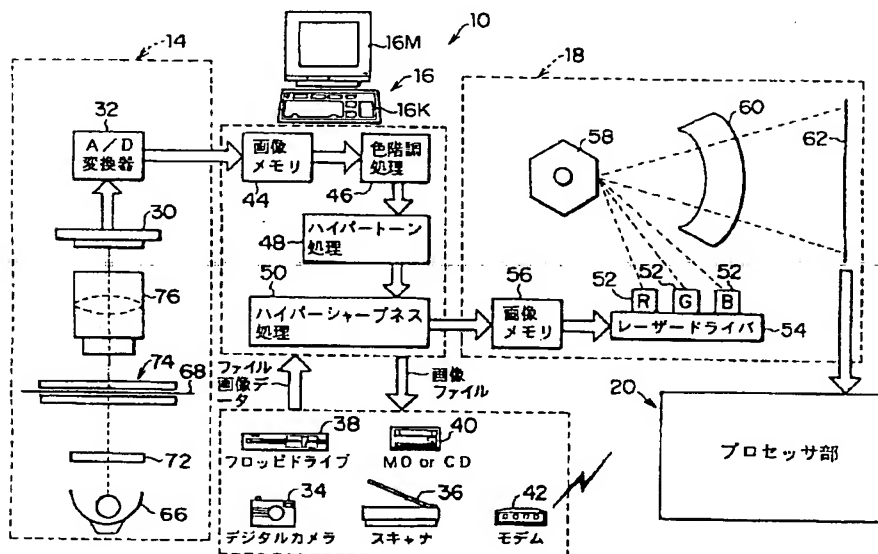
【図16】図16(A)は、6つの分割領域それぞれにつけた第1の点数と第2の点数とを示した説明図であり、図16(B)は、6つの分割領域ごとのそれぞれの平均点数を示した説明図である。

【符号の説明】

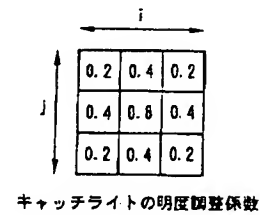
10 デジタルラボシステム  
14 ラインCCDスキャナ  
16 画像処理部  
66 光源部  
68 写真フィルム

200 データ処理部  
202 log変換器  
204 プレスキャンメモリ  
206 ファインスキャンメモリ  
208 画像データ処理部  
212 プレスキャン処理部  
214 画像データ処理部  
218 ファインスキャン処理部  
220 赤目処理部  
10 224 条件設定部  
234 レンズ特性データ供給部

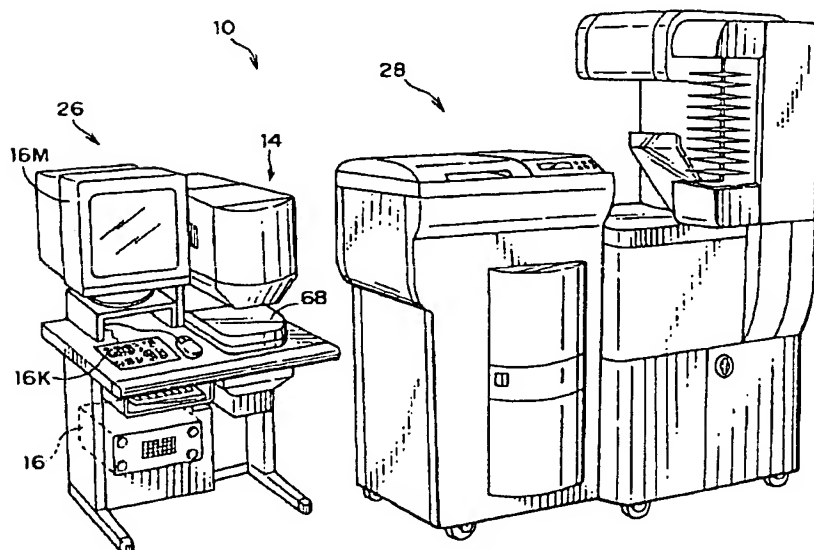
【図1】



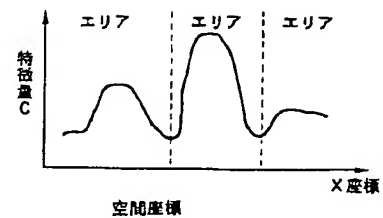
【図8】



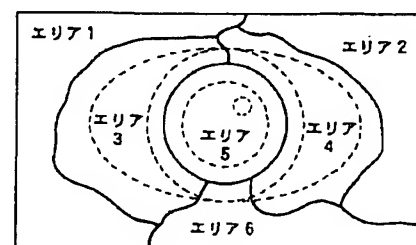
【図2】



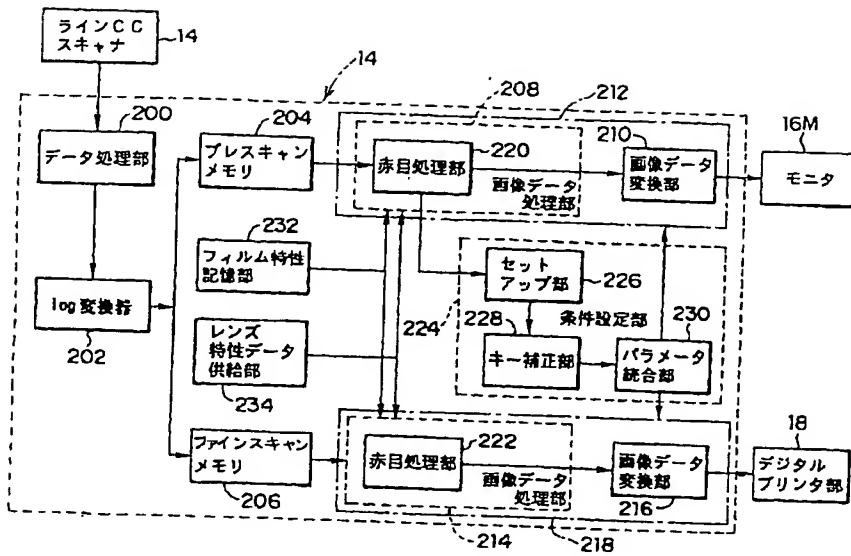
【図5】



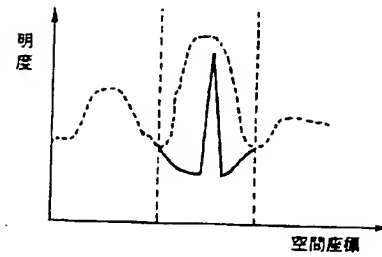
【図6】



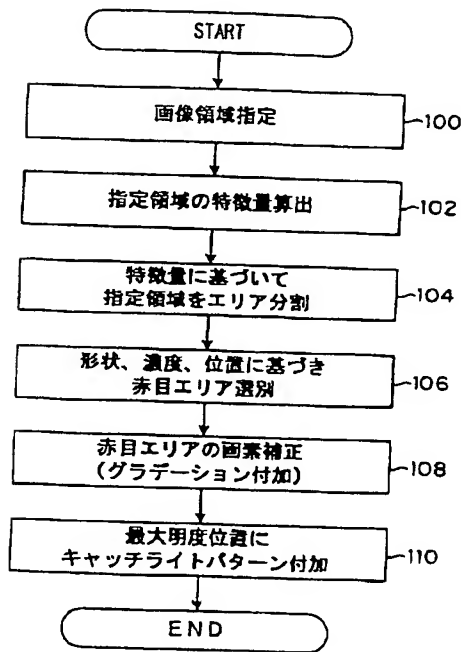
【図3】



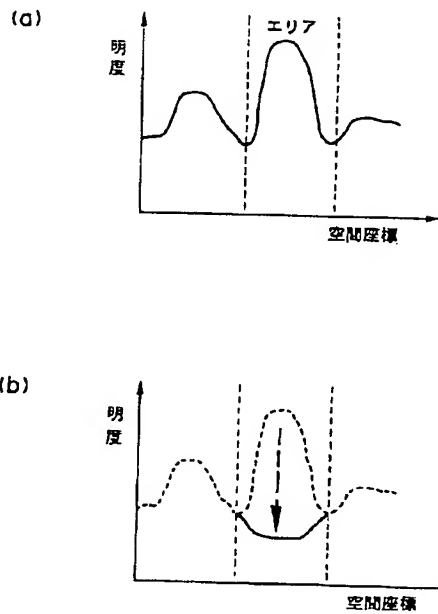
【図9】



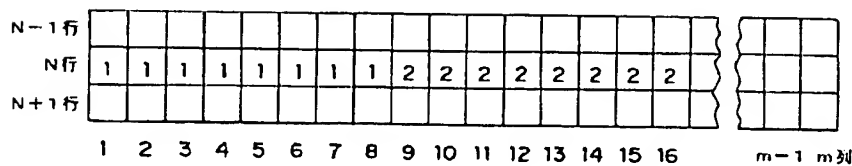
【図4】



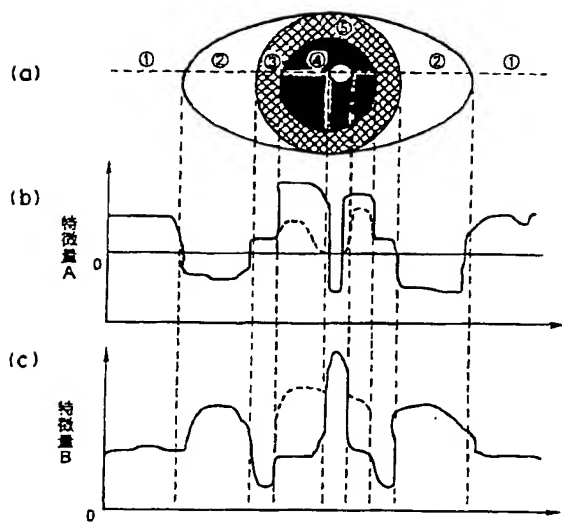
【図7】



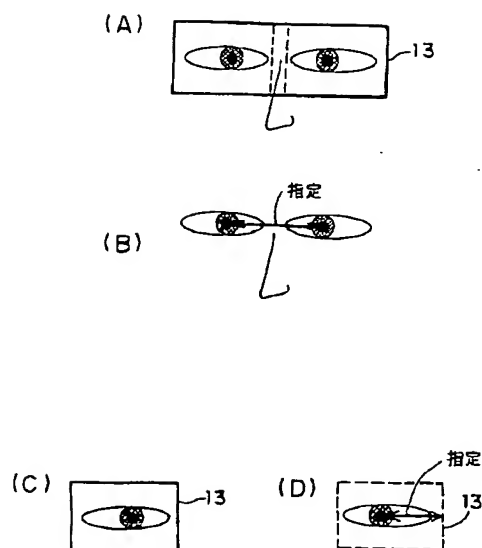
【図14】



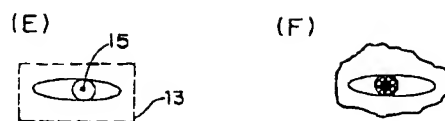
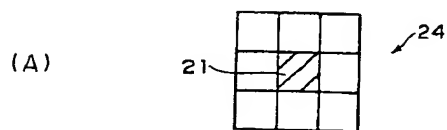
【図10】



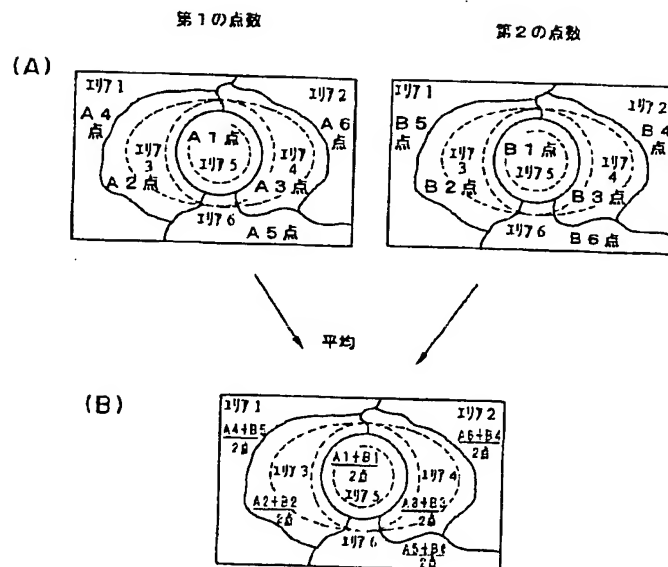
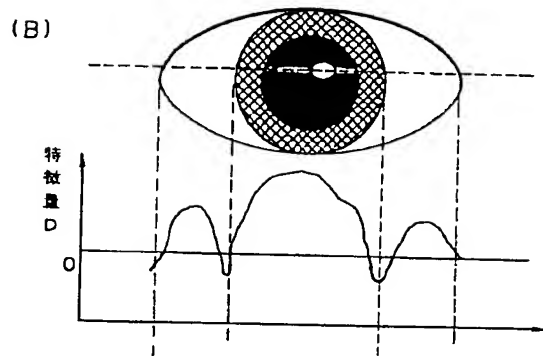
【図11】



【図12】



【図16】



(A) A graph showing the characteristic quantity  $D$  versus position. The curve has three peaks. Vertical dashed lines mark the positions of the peaks at 4, 8, and 15.

(B) A grid representing the spatial distribution. The horizontal axis is labeled 1 to  $m-1$  and  $m$ . The vertical axis is labeled  $N-1$  row,  $N$  row, and  $N+1$  row. A shaded region (labeled 24) covers the area from column 3 to 4 and row  $N-1$  to  $N+1$ . An arrow points from the graph in (A) to this region.

(C) A similar grid to (B). A shaded region (labeled 24) covers the area from column 4 to 5 and row  $N-1$  to  $N+1$ . An arrow points from the graph in (A) to this region.

(D) A similar grid to (B). Shaded regions are shown in two areas: one from column 4 to 8 and row  $N-1$  to  $N$ , and another from column 14 to 16 and row  $N$  to  $N+1$ . An arrow points from the graph in (A) to the first shaded region.